

Анахов С. В.

*Российский государственный профессионально-педагогический университет,
г. Екатеринбург*

Матушкин А. В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Пыкин Ю. А.

НПО «Полигон», г. Екатеринбург

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗОВИХРЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ДУГОВЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАЗМОТРОНОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В данной работе представлен анализ формирования течения потока плазмообразующего газа (ПОГ) на отдельных участках газозоудного тракта (ГВТ) плазмотрона для плазменной резки металлов. Выявлена неравномерность распределения потоков плазмообразующего газа по сечению тракта. В целях нахождения оптимальных решений, повышающих равномерность распределения скорости потока по сечению каналов плазмотрона было проведено исследование конструктивных элементов газо-воздушногo тракта плазмотрона. Сформулированы направления дальнейшего проектирования.

Ключевые слова: *плазмотрон, плазменная резка, плазмообразующий газ, стабилизация потока, завихритель, расширительная камера, газовихревая система, плазменная струя.*

Газовихревая система стабилизации плазменной дуги – один из основных элементов конструкций большинства применяемых для разделки металлов под сварку дуговых плазмотронов постоянного тока [1]. Применение такой системы позволяет за счет тангенциального вращения, закрученного в завихрителе потока газа стабилизировать катодное пятно, снизить вероятность шунтирования плазменной дуги на стенках канала соплового узла, улучшить геометрию, кинетические и акустические свойства струи на выходе из сопла плазмотрона [2]. Тем не менее, большинство применяемых в настоящее время для резки металлов плазмотронов имеют ограниченный ресурс работы и не всегда обеспечивают требуемый уровень качества и безопасности работы.

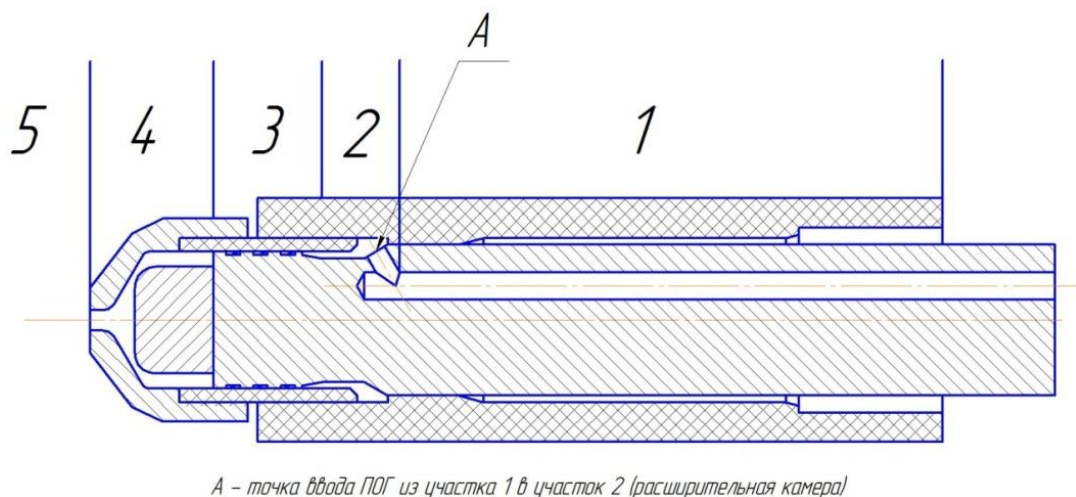


Рис. 1. Участки ГВТ плазмотрона: 1 – входная часть, 2 – зона выравнивания потока газа, 3 – завихритель, 4 – сопловой узел, 5 – область формирования плазменной струи

В процессе проведенного в программной среде SolidWorks (с приложением Flow Simulation) газодинамического анализа было показано, что применяемые способы газовихревой стабилизации в таких плазмотронах не обеспечивают в должной мере равномерность распределения потока плазмообразующего газа (ПОГ) по сечению газовоздушного тракта (ГВТ) плазмотрона, снижая тем самым эффективность его работы. В целях нахождения оптимальных решений, повышающих равномерность распределения скорости потока по сечению каналов плазмотрона, было проведено исследование конструктивно наиболее отличающихся участков 2 и 3 ГВТ, определяющее параметры газовихревой стабилизации плазменной струи на участках 4 и 5 (рис. 1). Для анализа были выбраны широко распространенные плазмотроны типа ПВР-402У4 и ПМВР-М.

Для участка 2 (расширительной камеры ГВТ) было проанализировано влияние размеров и объема на эффективность выравнивания скорости потока газа по сечению ГВТ. Было обнаружено, что эффект резкого увеличения площади проходного сечения в расширительной камере исследуемых плазмотронов способствует более равномерному распределению потока газа по сечению канала плазмотрона, однако не позволяет полностью выровнять поток

до его входа в каналы завихрителя. Дальнейшее увеличение ширины сечения канала расширительной камеры, возможно, приведет к более эффективным результатам, но подобные варианты нецелесообразны с точки зрения металлоемкости конструкции плазмотрона. Для расширительной камеры максимально возможного размера определена оптимальная длина, на которой происходит выравнивание потока ПОГ по сечению.

Следующим этапом исследования стало рассмотрение других способов выравнивания потока, связанных с введением дополнительных конструктивных элементов в расширительную камеру плазмотрона. Первым шагом стало рассмотрение влияния преграды в виде плоской стенки, установленной на пути течения газа. Стенку располагали на участке расширительной камеры напротив отверстия ввода газа (точка А, рис. 2) на различных от него расстояниях. Высота стенки была выбрана так, чтобы она перекрывать входное отверстие в расширительную камеру. Было найдено оптимальное расположение стенки на расстоянии в 3 мм, способствующее существенному увеличению эффективности выравнивания потока на меньшей длине расширительной камеры. Наличие фаски на внешней стороне стенки даёт возможность дополнительного уменьшения её длины (эффект выравнивания скоростей происходит на расстоянии 16 вместо 18 мм).

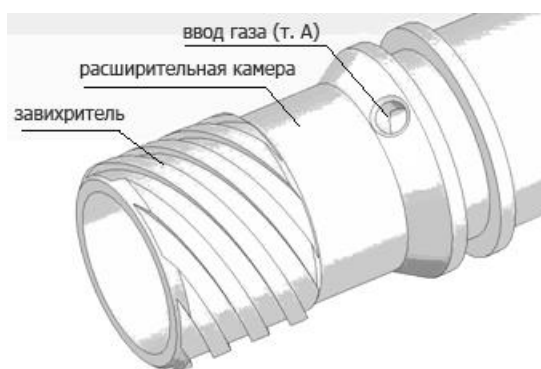


Рис. 2. Газовихревая система плазмотрона (без соплового узла)

На следующем этапе анализа было рассмотрено влияние преграды в виде перфорированной сетки, расположенной в расширительной камере. Сетка, с

учетом вышеприведенных результатов исследования, была размещена на расстоянии 16 мм от входного отверстия (точка А на рис. 1). Количество отверстий в сетке выбрано равным 6, соответствующему числу заходов завихрителя базовой модели (плазмотрон ПМВР-М). На каждом отверстии на выходе выполнена зенковка. Расчеты показали, что в случае применения сетки для выравнивания потока ПОГ, следующий элемент конструкции ГВТ плазмотрона (завихритель) должен располагаться от неё на расстоянии не более 7 мм, так как далее снова возникает эффект неравномерного распределения скоростей.

Следующим шагом стала оптимизация конструкции завихрителя, заключающаяся в определении его длины, шага и размеров канала закрутки. Расчеты показывают [3], что увеличение шага винта снижает потери гидравлического напора в завихрителе на 10–20 %, обеспечивая тем самым большие величины абсолютной и осевой скорости потока ПОГ в сопловом узле. Однако уменьшение шага резьбы должно увеличивать тангенциальную скорость ПОГ, обеспечивающую обжигание плазменной дуги в сопловом узле и стабилизацию струи на выходе из плазмотрона. При характерных для плазменных резаков значениях расходов и давлений оптимальным шагом закрутки завихрителя можно, по результатам исследований, признать интервал в диапазоне от 21 до 25 мм для шестизаходной резьбы с зенковкой входных отверстий.

По результатам проведенного анализа была предложена схема оптимальной газовихревой системы плазмотрона с газодинамическими фильтрами выравнивания скорости потока ПОГ, примененная в плазмотроне ПМВР-2М (рис. 3).

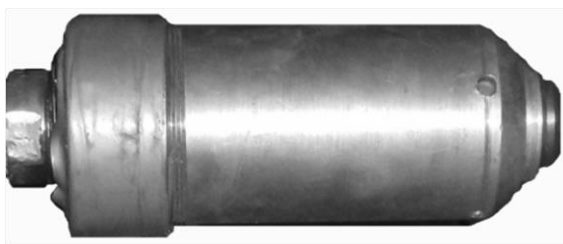


Рис. 3. Дуговой плазмотрон ПМВР-2М для резки металлов под сварку

В процессе экспериментальных испытаний плазмотрона ПМВР-2М были определены оптимальные режимы его работы, показавшие снижение энергопотребления на 20–30 % при резке стали сопоставимых толщин по сравнению с плазмотронами ПМВР-М и ПВР-402У4. Кроме повышения энергоэффективности резки модернизированным плазмотроном ПМВР-2М выявлено закономерное улучшение надежности работы, выражающееся в меньшем износе его катода и сопла.

Для анализа эффективности модернизации плазмотрона была также проведена плазменная резка плоских контрольных пластин стали 09Г2С толщиной 10 мм плазмотронами ПМВР-М и ПМВР-2М при разных углах наклона плазмотрона. В процессе анализа качества поверхности кромок реза фиксировались параметры, определяемые ГОСТ 14792-80, – отклонение поверхности реза от перпендикулярности, величина шероховатости поверхности реза, размер зоны термического влияния (ЗТВ). Дополнительно был выполнен замер изменения твердости поверхностей, прилегающих к кромке реза металла. Результаты исследования показали, что качество вертикальных резов плазмотроном ПМВР-2М выше, чем плазмотроном ПМВР-М, и соответствует верхнему пределу 1-го класса качества по ГОСТ 14792-80 (для ПМВР-М качество соответствует верхнему пределу 2-го класса). Качество косых резов обеими плазмотронами приблизительно одинаково. Величина радиуса закругления верхней кромки реза для всех случаев соответствует требованиям ГОСТ 14792-80 (менее 2 мм) с небольшим улучшением (на 0,1 мм) для плазмотрона ПМВР-2М. Глубина зоны перегрева на образцах составляет от 0,7 до 0,9 мм (немного меньше для плазмотрона ПМВР-2М, за счет меньшего тепловложения), что соответствует 2-му классу точности. Твердость, измеренная на заготовках, полученных при резке плазмотроном ПМВР-2М, в основном, ниже, чем у аналогичных образцов, полученных при резке ПМВР-М. Данный эффект также можно объяснить меньшей величиной тепловложения при выполнении резки (14 кВт потребляемой мощности ПМВР-2М и 21 кВт ПМВР-М).

Представленные данные показывают, что новая система газовыхревой стабилизации плазмотрона ПМВР-2М улучшает качество поверхности реза и энергоэффективность процесса резки металлов.

Литература

1. Анахов С. В. Принципы и методы проектирования в электроплазменных и сварочных технологиях: учебное пособие / под ред. А. С. Боруховича. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2014. 144 с.
2. Анахов С. В., Пыкин Ю. А. Плазмотроны: проблема акустической безопасности. Теплофизические и газодинамические принципы проектирования малошумных плазмотронов. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 224 с.
3. Анахов С. В., Пыкин Ю. А., Матушкин А. В. Особенности профилирования газоздушных трактов малошумных плазмотронов // Сварочное производство. 2011. № 6. С. 40–44.